

File 351:Derwent WPI 1963-2001/UD,UM &UP=200226

(c) 2002 Thomson Derwent

\*File 351: Please see HELP NEWS 351 for details about U.S. provisional applications.

1/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012408726 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1999-214834/199918

XRFX Acc No: N99-158143

Digital radio receiver parameter estimation

Patent Assignee: NOKIA TELECOM OY (OYNO ); NOKIA NETWORKS OY (OYNO )

Inventor: PIIRAINEN O

Number of Countries: 083 Number of Patents: 008

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
WO 9912290	A2	19990311	WO 98FI672	A	19980828	199918 B
FI 9703564	A	19990301	FI 973564	A	19970829	199924
AU 9889820	A	19990322	AU 9889820	A	19980828	199931
NO 200000997	A	20000228	WO 98FI672	A	19980828	200029
			NO 2000997	A	20000228	
EP 1010270	A2	20000621	EP 98941449	A	19980828	200033
			WO 98FI672	A	19980828	
CN 1269081	A	20001004	CN 98808621	A	19980828	200067
FI 106681	B1	20010315	FI 973564	A	19970829	200131
JP 2001515303	W	20010918	WO 98FI672	A	19980828	200169
			JP 2000509181	A	19980828	

Priority Applications (No Type Date): FI 973564 A 19970829

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 9912290 A2 E 12 H04B-017/00

Designated States (National): AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY CA CH CN CU  
CZ DE DK EE ES FI GB GE GH GM HR HU ID IL IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR  
LS LT LU LV MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM  
TR TT UA UG US UZ VN YU ZW

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK EA ES FI FR GB GH GM GR  
IE IT KE LS LU MC MW NL OA PT SD SE SZ UG ZW

FI 9703564 A H04B-000/00

AU 9889820 A Based on patent WO 9912290

NO 200000997 A H04B-000/00

EP 1010270 A2 E H04B-017/00 Based on patent WO 9912290

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI  
LU MC NL PT SE

CN 1269081 A H04B-017/00

FI 106681 B1 H04B-017/00 Previous Publ. patent FI 9703564

JP 2001515303 W 18 H04B-007/005 Based on patent WO 9912290

Abstract (Basic): WO 9912290 A2

NOVELTY - Method is for a digital radio system receiver comprising  
a detector (200) generating a number (210) describing the probability  
of a symbol received using soft decision metrics. The mean value (212)

This page Blank (uspo...)

of the numbers (210) describing the probability of the received signal is generated and a new channel estimate (218) is generated as a parameter utilizing the mean value.

USE - Method is for parameter estimation in a digital radio system receiver comprising a detector generating a number describing the probability of a symbol received using soft decision metrics.

ADVANTAGE - Method enables correction of a parameter estimate without preliminary or final decisions.

pp; 12 DwgNo 2/2

Title Terms: DIGITAL; RADIO; RECEIVE; PARAMETER; ESTIMATE

Derwent Class: W01; W02

International Patent Class (Main): H04B-000/00; H04B-007/005; H04B-017/00

International Patent Class (Additional): H04L-027/01

File Segment: EPI

This Page Blank (usp)



F I 000106681B



# SUOMI - FINLAND (FI)

## PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

### (12) PATENTTIJULKAISU PATENTSKRIFT

(10) FI 106681 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

15.03.2001

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

H04B 17/00

(21) Patentihakemus - Patentansökning

973564

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

29.08.1997

(24) Alkupäivä - Löpdag

29.08.1997

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

01.03.1999

(73) Haltija - Innehavare

1 •Nokia Networks Oy, Helsinki, Keilalahdentie 4, 02150 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Piirainen, Olli, Pikisaarentie 1 F 11, 90100 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Kolster Oy Ab

Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Parametrin estimointimenetelmä ja vastaanotin  
Förfarande för estimering av parameter och mottagare

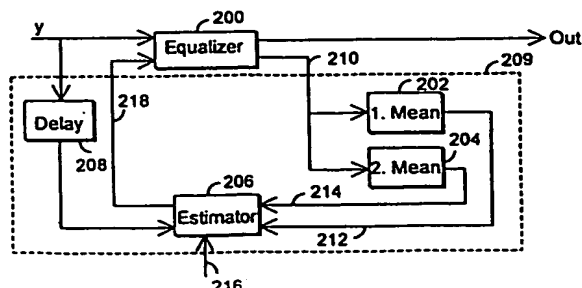
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 5621769 (H04L 1/02), JP tiivistelmäjulkaisu 62-52971 (H04L 27/36)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on menetelmä parametrin estimointiseksi digitaalisen radiojärjestelmän vastaanottimessa ja vastaanotin. Vastaanotin käsittää ilmaisimen (200), joka muodostaa pehmeän päätösmetriikan avulla vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavan luvun (210). Välineet (202) muodostavat vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavien lukujen (210) odotusarvot (212), joiden avulla estimaattori (206) muodostaa uuden kanavaestimaatin (218). Eri symbolien energian ollessa erilainen muodostettavaa kanavaestimaattia (218) painotetaan välineissä (204) muodostettavalla symbolin energialla (214). Kanavaestimaatin (218) muuttumista voidaan vaimentaa keskiarvoistamalla tai kertomalla muutos painoarvolla. Keksinnöllisen ratkaisun mukaista kanavaestimaattia (218) voidaan käyttää myös muiden tietoliikenneparametrien estimoinnissa, jolloin esimerkiksi Doppler-virhettä voidaan korjata.

Uppfinningen avser ett förfarande för estimering av en parameter vid mottagare i ett digitalt radiosystem och en mottagare. Mottagaren inkluderar en detektor (200), som medelst mjuk beslutsmetrik genererar ett tal (210), som representerar sannolikheten för en mottagen symbol. Organ (202) genererar väntevärden (212) för talen (210) som representerar sannolikheten för den mottagna symbolen, medelst vilka väntevärden estimatorm (206) bildar ett nytt kanalestimat (218). Då de olika symboleas energi varierar, vägs den genererade symbolens energi (214) i organen (204) in i kanalestimatet (218) som skall bildas. Förändringar i kanalestimatet (218) kan dämpas genom medelvärdesbildning eller genom multiplicering av förändringen med viktvärdet. Det uppfinningsenliga kanalestimatet (218) kan även användas vid estimering av andra datakommunikationsparametrar, varvid man kan korrigera t.ex. Doppler-fel.



**This Page Blank (uspto)**

## Parametrin estimointimenetelmä ja vastaanotin

### Keksinnön ala

Keksinnön kohteena on menetelmä parametrin estimoimiseksi digitaalisen radiojärjestelmän vastaanottimessa, johon kuuluu ilmaisim, joka muodostaa pehmeän päätösmetriikan avulla vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavan luvun.

Keksinnön kohteena on lisäksi digitaalisen radiojärjestelmän vastaanotin halutun parametrin estimoimiseksi, joka vastaanotin käsittää ilmaisimen muodostaa pehmeän päätösmetriikan avulla vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaava luku.

### Keksinnön tausta

Radiojärjestelmissä kanavaestimaatti on parametrijoukko eli vektori, jonka muodostamista varten on runsaasti erilaisia algoritmeja. Kanavaestimaattia tarvitaan esimerkiksi erilaisten radiojärjestelmien ilmaisimissa vastaanotetun signaalin ilmaisemisessa. Kanavaestimaatti muodostetaan tavallisesti opetusjakson tai vastaavan avulla, jolloin esimerkiksi GSM-järjestelmässä opetusjaksoa korreloidaan vastaanotettuihin näytteisiin. Tunnetuissa algoritmeissa käytetään hyväksi usein neliöllisen virheen minimointia (Least Square Problem). Yleinen LSE-ongelma (Least Square Error Problem) voidaan ratkaista käyttämällä Kalman-suodatinta, muunnettua Kalman-suodatinta (Extended Kalman Filter), RLS-suodatinta (Recursive Least Square), LMS-suodatinta (Least Mean Square). Tyypillisesti nämä algoritmit on suunniteltu parametrin estimointiin, jossa on käytettävissä ennalta määrättyä dataa, mutta joukossa on myös algoritmeja, jotka on tarkoitettu sokeaan korjaukseen (Blind Equalization) kuten EM-algoritmi (Expectation Maximation). Kanavaestimaatti ei ole vakio eri ajan hetkillä, vaan muuttuu koko ajan. Näin opetusjakson avulla muodostettu kanavaestimaatti ei ole välttämättä sopiva datan ilmaisemiseen.

Tunnettua tekniikkaa edustaa myös US-patenttijulkaisu 5263033, joka julkaisu otetaan tähän viitteeksi. Julkaisun mukaisessa ratkaisussa Viterbi-algoritmin trelliksen laskennan aikana tehtyjä alustavia symbolipäätöksiä tarkaisinkytketään LMS-algoritmiin kanavaestimaatin tarkentamiseksi. Tämän ratkaisun ongelmana on se, että kanavaestimaatin tarkentamiseen tarvitaan alustavia tai varsinaisia päätöksiä, jotka voivat olla joko oikeita tai vääriä. Tämä johtaa siihen, että päätöksen ollessa väärä kanavaestimaattia korjataan vä-

rin, mikä huonontaa vastaanotetun signaalin käsittelyssä toivottua huonompaan lopputulokseen.

### Keksinnön lyhyt selostus

5 Keksinnön tavoitteena on siten toteuttaa parametrin estimointimenetelmä ja menetelmän toteuttava vastaanotin siten, että yllä mainitut ongelmat saadaan ratkaistua ja että parametriestimaattia voidaan korjata ilman alustavia tai lopullisia päätöksiä.

10 Tämä saavutetaan johdannossa esitetyn tyyppisellä menetelmällä, jolle on tunnusomaista, että muodostetaan vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavien lukujen odotusarvo, ja muodostetaan parametriksi uusi kanavaestimaatti käyttäen hyväksi odotusarvoa.

15 Keksinnön mukaiselle vastaanottimelle puolestaan on tunnusomaista, että vastaanotin käsittää välineet estimoida kanavaestimaatti käyttäen hyväksi ilmaisimen tuottamaa, vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavista luvuista muodostettua odotusarvoa ja ilmaisimella on sovitettu estimointiin haluttua parametria muodostetun kanavaestimaatin avulla.

20 Keksinnön mukaisella menetelmällä ja järjestelmällä saavutetaan useita etuja. Ratkaisussa vältetään symbolipäätösten käyttö, jolloin samalla vältetään korjaamasta parametriestimaattia väärin päätösten mukana. Ratkaisu parantaa myös vastaanottimen herkkyyttä, koska estimoidusta kanavaestimaatista tulee parempi. Ratkaisua voidaan käyttää myös vastaanottimen sisäänrakennettuna Doppler-korjaimena.

### Kuvioiden lyhyt selostus

25 Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

kuvio 1 esittää radiojärjestelmän vastaanotinta ja

kuvio 2 esittää takaisinkytkettyä parametrikorjainlohkoa.

### Keksinnön yksityiskohtainen selostus

30 Keksintöä voidaan soveltaa digitaalisissa radiojärjestelmissä kuten GSM ja DCS-1800 niihin kuitenkaan rajoittumatta. Keksinnöllisessä ratkaisussa on kyse sokean parametriestimoinnin adaptiivisesta algoritmista. Sokeassa estimoinnissahan korjaus tehdään ilman ennalta tunnetun datan hyväksikäyttöä.



Tarkastellaan aluksi keksintöön liittyvää teoreettista taustaa. Kanavaestimaattiparametria  $\mathbf{h}$  voidaan estimoida pienimmän keskiarvoisen neliöllisen erotuksen (Minimum Mean Square Error) avulla vastaanotetuista näytteistä  $\mathbf{y}$  ja estimoidusta, epävarmasta datasta  $\tilde{\mathbf{X}}$  seuraavasti:

5

$$\mathbf{h} = \arg \min(E((\mathbf{y} - \tilde{\mathbf{X}}\mathbf{h})^2 | \mathbf{y})), \text{ missä}$$

$E$  tarkoittaa odotusarvo-operaattoria, vastaanotetut näytteet  $\mathbf{y}$  oletetaan tiedetyiksi ja lihavointi tarkoittaa matriisi- tai vektorimuotoista esitystä. Menetelmässä pyritään siis minimoimaan vastaanotetun signaalin  $\mathbf{y}$  ja referenssisignaalin  $\tilde{\mathbf{X}}\mathbf{h}$  tehollinen erotus. Pienin neliöllinen erotus saadaan derivoimalla yllä oleva lauseke jonkin estimoidun kanavavasteen termin  $h_n$  mukaan seuraavasti:

10

$$\frac{\partial \mathbf{h}}{\partial h_n} = \frac{\partial \{E[(y_k - \sum_i h_i \tilde{x}_{k-i})^2 | \mathbf{y}]\}}{\partial h_n} = 0, \text{ missä}$$

15

$\tilde{x}_{k-i}$  tarkoittaa vastaanotetun signaalin  $\mathbf{y}$  näytettä  $k$  vastaavaa estimoitua symbolia  $i$ . Suorittamalla derivointi saadaan seuraavankaltainen ehto estimoidulle kanavaestimaatille:

20

$$h_n = \frac{[y_k - \sum_{i=n} h_i E(\tilde{x}_{k-i} | \mathbf{y})] E(\tilde{x}'_{k-n} | \mathbf{y})}{E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n} | \mathbf{y})}, \text{ missä}$$

25

$h_i$  on kanavaestimaatin yksi termi,  $E$  tarkoittaa todennäköisyyksien odotusarvoa,  $\tilde{x}_{k-i}$  tarkoittaa vastaanotetun signaalin  $\mathbf{y}$  näytettä  $k$  vastaavaa estimoitua symbolia  $i$ ,  $E(\tilde{x}_{k-i} | \mathbf{y})$  tarkoittaa symbolin  $\tilde{x}_{k-i}$  todennäköisyyden odotusarvoa ehdolla, että vastaanotetaan signaalia  $\mathbf{y}$ ,  $\mathbf{y}$  tarkoittaa vastaanotettua signaalia,  $y_k$  on vastaanotetun signaalin  $k$ :s näyte ja  $\tilde{x}'_{k-i}$  on  $\tilde{x}_{k-i}$ :n kompleksikonjugaatti, transpoosi tai vastaava. Tätä tulosta painotetaan symbolin todennäköisyyksien odotusarvoilla  $\frac{E(\tilde{x}'_{k-n} | \mathbf{y})}{E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n} | \mathbf{y})}$ . Keksinnöllinen ratkaisu poikkeaa siten tunnetun tekniikan mukaisista ratkaisuista, vaikka muistuttaakin esimerkiksi LMS-algoritmia, ja edustaa tehokasta tapaa määrittää kanavaestimaatti ja sen avulla myös muu radioyhteydelle tärkeä parametri. Keksinnöllistä ratkaisua voidaan

30

tehostaa käyttämällä keskiarvoistusta tai kanavaestimaatin muutoksen painotuskerrointa haettaessa uutta kanavaestimaattia.

Tarkastellaan nyt lähemmin keksinnön mukaista vastaanotinta. Kuviossa 1 on esitetty tyypillinen radiojärjestelmän vastaanottimen lohkokkaavio.

5 Vastaanotin käsittää antennin 100, radiotaajuusosan 102, A/D-muuntimen, ilmaisimen 106 ja kanavaestimaattorin 108. Antennista 100 vastaanotettu signaali etenee radiotaajuusosaan 102, jossa radiotaajuinen signaali tunnetulla tavalla kerrotaan ja suodatetaan alemmalle taajuudelle. Tämän jälkeen vielä analoginen signaali muunnetaan digitaaliseksi A/D-muuntimessa 104 ja digitaalinen signaali etenee edelleen ilmaisimelle 106, jossa lähetetyt symbolit demoduloidaan ja ilmaistaan. Digitaalisen radiojärjestelmän symbolit muodostuvat biteistä tai bittikombinaatioista. Kanavaestimaattori 108 muodostaa kanavan impulssivasteen estimaatin, jota käytetään tunnetulla tavalla hyväksi ilmaisussa. Ilmaisimella 106 tuottaa pehmeän symbolipäätöksen, joka kertoo ilmaistun

10 symbolin lisäksi sen, kuinka varma päätös on. Tästä päätöksen varmuudesta voidaan muodostaa tunnetulla tavalla symbolin todennäköisyyttä kuvaava luku, jonka keksinnöllisen ratkaisun ilmaisu myös tuottaa.

Kuvio 2 esittää parametrikorjainkokonaisuutta, joka käsittää ilmaisimen 200, ensimmäiset välineet 202 muodostaa odotusarvo, toiset välineet

20 204 muodostaa odotusarvo, estimaattorin 206 ja viivevälineet 208. Välineet 209, joihin kuuluvat välineet 202 - 208, muodostavat korjaimen 200 takaisinkytkentäosan. Vastaanotetun digitaalisen signaalin y tullessa ilmaisimeen 200 parametrikorjain pyrkii korjaamaan kanavan signaalille aiheuttamat vääristymät. Parametrikorjain on edullisesti kanavakorjain, joka korjaa kanavaestimaattia. Vastaanotettu signaalihan y voidaan esittää kanavan impulssivasteen ja lähetetyn signaalin konvoluutiona. Konvoluutio lasketaan yleisessä muodossaan kahden funktion  $f(t)$  ja  $g(t)$  välillä seuraavasti:

$$f(t)*g(t) = (f * g)(t) = \int_0^t f(\tau)g(t - \tau)d\tau, \text{ missä}$$

t ja  $\tau$  ovat muuttujia ja  $*$  tarkoittaa konvoluutiota. Vastaanotin estimoi tätä todellista impulssivastetta kanavaestimaatilla, joka tavallisesti käsittää 5 tappia.

30 Kanavaestimaatti voidaan muodostaa vastaanottimessa esimerkiksi signaalissa olevien ennalta määrättyjen sekvenssien avulla. Vääristynyt signaali palautetaan alkuperäiseksi kanavakorjaimessa käyttämällä hyväksi invertoitua kanavaestimaattia. Koska näin muodostettu kanavaestimaatti ei riittävän hyvin vastaa todellista kanavan impulssivastetta eikä siten kanavakorjauskaan ole riittä-

35

vä, keksinnöllisessä ratkaisussa kanavaestimaattia tarkennetaan käyttäen hyväksi vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavien lukujen odotusarvoa.

Tarkastellaan nyt lähemmin kuvion 2 mukaisen parametrikorjaimen toimintaa. Parametrina on kanavaestimaatti ja ilmaisimen 200 parametrikorjaimena on siten kanavakorjain. Ilmaisimen 200, joka voi olla Viterbi-ilmaisimen tai vastaava, muodostaa pehmeän päätösmetriikan avulla tunnetun tekniikan tason mukaisesti vastaanotetun estimoidun symbolin  $\tilde{x}$  todennäköisyyttä kuvaavan luvun  $p(\tilde{x} | y)$  210 ehdolla, että otetaan vastaan signaalia  $y$  eikä esimerkiksi pelkästään kohinaa. Yleisessä tapauksessa lähetyksessä käytetään  $r$  kappaletta erilaisia reaalisia tai kompleksisia symboleita, jolloin symboli  $\tilde{x}$  on jokin symboleista  $\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_r$ . Kunkin symbolivaihtoehdon todennäköisyyttä kuvaavat luvut summataan yhteen ja muodostetaan odotusarvo 212 välineissä 202 esimerkiksi seuraavan kaavan mukaisesti:

15

$$E(\tilde{x} | y) = \sum [p(\tilde{x}_i | y) \tilde{x}_i], \text{ missä}$$

$E$  tarkoittaa todennäköisyyksien odotusarvo-operaattoria. Toisissa välineissä 204 muodostaa odotusarvo muodostetaan vastaanotetun estimoidun symbolin  $\tilde{x}$  energia 214 siten, että kerrotaan symboli  $\tilde{x}$  kompleksisella konjugaatillaan  $\tilde{x}'$  tai vastaavalla ja muodostetaan tämän tulon odotusarvo, joka on muotoa  $E(\tilde{x}'\tilde{x} | y)$ . Välineitä 204 ei kuitenkaan tarvita, jos koodaus on suoritettu siten, että kaikkien symbolien energia tai amplitudi on vakio, koska tällöin myös odotusarvosta  $E(\tilde{x}'\tilde{x} | y)$  214 tulee aina vakio eikä sitä tarvitse erikseen laskea. Tällainen on tilanne esimerkiksi GSM-järjestelmässä, jossa käytetään binääristä modulaatiota ja lähetettävä symboli  $x$  saa arvot 1 tai -1. Näin odotusarvo  $E(\tilde{x}'\tilde{x} | y)$  214 saa arvon 1. Kanavaestimaatin muodostamiseksi välineet 208 viivästävät vastaanotettua signaalia  $y$  niin paljon, että signaali  $y$  vastaa ajoitukseltaan estimoitua symbolia  $\tilde{x}$ . Odotusarvojen 212 ja 214, viivästetyn signaalin  $y$  ja edellisen kanavaestimaatin 216 avulla, joka voi olla esimerkiksi opetusjaksosta alkuarvona saatu tai edellisen estimoinnin tulos, estimaattori 206 muodostaa uuden kanavaestimaatin  $h = [h_1, \dots, h_p]^T$ , missä  $p$  on kanavaestimaatin tappien lukumäärä, esimerkiksi seuraavalla tavalla:

35

$$h_n = \frac{[y_k - \sum_{i=n} h_i E(\tilde{x}_{k-i} | y)] E(\tilde{x}'_{k-n} | y)}{E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n} | y)}, \text{ missä}$$

$h_i$  on aiemmin kanavaestimaatti tai kanavaestimaatin alkuarvo,  $\tilde{x}_{k-i}$  tarkoittaa vastaanotetun signaalin  $y$  näytettä  $k$  vastaavaa estimoitua symbolia  $i$ ,  $E(\tilde{x}_{k-i}|y)$  tarkoittaa symbolin  $\tilde{x}_{k-i}$  todennäköisyyttä kuvaavien lukujen odotusarvoa ehdolla, että on vastaanotetaan signaalia  $y$ ,  $y$  tarkoittaa vastaanotettua signaalia,  $y_k$  on vastaanotetun signaalin  $k$ :s näyte ja  $\tilde{x}'_{k-i}$  on  $\tilde{x}_{k-i}$ :n kompleksikonjugaatti, transpoosi tai vastaava. Tällä tavalla muodostettu kanavaestimaatti  $h$  muuttuu kuitenkin (liian) nopeasti kanavan impulssivasteen mukaan, eikä se viiveen takia ole oikea vastaanotetulle signaalille. Liian nopeaa muuttumista voidaan hidastaa käyttämällä estimaattorissa 206 esimerkiksi seuraavanlaista iteraatiokaavaa:

$$h_{n\_new} = h_{n\_prev} + \mu(h_n - h_{n\_prev}), \text{ missä}$$

$h_{n\_new}$  on uusi kanavaestimaatti,  $h_{n\_prev}$  on edellinen kanavaestimaatti,  $h_n$  on nykyinen kanavaestimaatti ja  $\mu$  on käyttäjän valitsema painokerroin väliltä  $[0, 1]$ . Toisena vaihtoehtona on käyttää useamman kuin yhden kanavaestimaatin  $h$  keskiarvoistusta. Näin muodostettu uusi kanavaestimaatti  $h$  218 syötetään ilmaisimelle 200 käytettäväksi kanavakorjaimessa.

Muita keksinnöllisellä menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi MSK-koodauksessa (Minimum Shift Keying). I/Q-diagrammissa ( $I$  = Inphase ja  $Q$  = Quadrature) MSK-koodauksen symbolit ovat symmetrisesti  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  ja  $315^\circ$  kulmissa yksikköympyrän kehällä. Häiriöllisessä kanavassa nämä kulmat pyrkivät muuttumaan ja tätä virheellistä muutosta voidaan korjata käyttämällä hyväksi keksinnöllisessä ratkaisun avulla saatua kanavaestimaattia.

Tyypillisesti kanavaestimaatti muodostetaan opetusjakson avulla. Koska opetusjakso ei ole hyötysignaalia eli varsinaista dataa ei siirretä, se pidetään tavallisesti mahdollisimman lyhyenä. Tästä syystä muodotettu kanavaestimaatti on epätäydellinen ja kohinainen ja siten ilmaisin ei pysty ilmaisemaan täydellisesti lähetettyä signaalia. Keksinnön mukaisella ratkaisulla voidaan parantaa kanavaestimaatin laatua, vaikka se ei muuttuisi purskeen aikana ollenkaan ja siten parantamaan ilmaisu.

Koska opetusjakso on tietyssä kohdassa pursketta, voi kanavan todellinen impulssivaste olla datajakson kohdalla päätelaitteen liikkeen takia jonkin erilainen kuin opetusjakson kohdalla muodostettu kanavaestimaatti.

Keksinnöllinen ratkaisu pystyy edullisesti korjaamaan myös tässä tilanteessa kanavaestimaatin.

5 Keksinnöllistä ratkaisua voidaan käyttää tehokkaasti myös Doppler-siirtymän korjaamiseen. Doppler-virhe johtuu päätelaitteen liikkeestä. Kun päätelaitteella on näköyhteys tukiasemaan, kanavaestimaatin muutos vastaa signaalin vaihevirhettä. Koska keksinnöllinen ratkaisu määrittää kanavaesti-

10 maatin muutoksen, voidaan myös vaihevirhe edullisesti havaita ja korjata. Keksinnön mukaiset ratkaisut voidaan toteuttaa erityisesti digitaalisen signaalinkäsittelyn osalta esimerkiksi ASIC- tai VLSI-piireillä ja suoritettavat digitaaliset toiminnot toteutetaan edullisesti mikroprosessoritekniikkaan perustuvina ohjelmina.

15 Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

106681

### Patenttivaatimukset

1. Menetelmä parametrin estimoimiseksi digitaalisen radiojärjestelmän vastaanottimessa, johon kuuluu ilmais-in (106, 200), joka muodostaa pehmeän päätösmetriikan avulla vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavan luvun (210), tunnettu siitä, että muodostetaan vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavien lukujen (210) odotusarvo (212), ja muodostetaan parametriksi uusi kanavaestimaatti (218) käyttäen hyväksi odotusarvoa (212).

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kanavaestimaatin käsittäessä useita termejä uusi kanavaestimaatin (218) termi muodostetaan pääasiassa vertaamalla vastaanotettua signaalia kanavaestimaattien (216) ja odotusarvojen (212) tulo summalausekkeeseen.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kanavaestimaatin käsittäessä useita termejä kanavaestimaatin (218) termit  $h_n$  muodostetaan vertaamalla vastaanotettua signaalia estimoitujen kanavaestimaattien (216) ja odotusarvojen (212) tulo summalausekkeeseen seuraavasti:

$$h_n = \frac{[y_k - \sum_{i \neq n} h_i E(\tilde{x}_{k-i} | y)] E(\tilde{x}'_{k-n} | y)}{E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n} | y)}, \text{ missä}$$

$h_i$  on kanavaestimaatti,  $E$  tarkoittaa todennäköisyyksien odotusarvo-operaattoria,  $\tilde{x}_{k-i}$  tarkoittaa vastaanotetun signaalin näytettä  $k$  vastaavaa estimoitua symbolia  $i$ ,  $E(\tilde{x}_{k-i} | y)$  tarkoittaa symbolin todennäköisyyden odotusarvoa (212) ehdolla, että on vastaanotetaan signaalia  $y$ ,  $y$  tarkoittaa vastaanotettua signaalia,  $E(\tilde{x}_{k-n} \tilde{x}'_{k-n} | y)$  tarkoittaa symbolin  $\tilde{x}_{k-n}$  energiaa (214),  $y_k$  on vastaanotetun signaalin  $k$ :s näyte ja  $\tilde{x}'_{k-i}$  on  $\tilde{x}_{k-i}$ :n kompleksikonjugaatti tai vastaava.

4. Patenttivaatimuksen 1 tai 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kanavaestimaatin (218) muutoksia suhteessa edelliseen kanavaestimaattiin (216) vaimennetaan.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kanavaestimaatin (218) muutosta suhteessa edelliseen kanavaestimaattiin (216) vaimennetaan.

tiin (216) vaimennetaan käyttämällä painokerrointa ja muodostamalla uusi kanavaestimaatti seuraavasti:

$$h_{n\_new} = h_{n\_prev} + \mu(h_n - h_{n\_prev}), \text{ missä}$$

5

$h_{n\_new}$  on uusi kanavaestimaatti (218),  $h_{n\_prev}$  on edellinen kanavaestimaatti (216),  $h_n$  on nykyinen kanavaestimaatti ja  $\mu$  on käyttäjän valitsema painokerroin väliltä [0, 1].

6. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kanavaestimaatin (218) muutosta suhteessa edelliseen kanavaestimaattiin (216) vaimennetaan laskemalla useamman kanavaestimaatin keskiarvo.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että haluttuna parametrinä on kanavaestimaatin avulla muodostettu vaihe, jolloin voidaan korjata Doppler-virhettä.

8. Digitaalisen radiojärjestelmän vastaanotin halutun parametrin estimoimiseksi, joka vastaanotin käsittää ilmaisimen (106, 200) muodostaa pehmeään päätösmetriikan avulla vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaava luku, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (209) estimoida kanavaestimaatti (218) käyttäen hyväksi ilmaisimen (200) tuottamaa, vastaanotetun symbolin todennäköisyyttä kuvaavista luvuista (210) muodostettua odotusarvoa (212) ja ilmaisimen (200) on sovitettu estimoimaan haluttua parametria muodostetun kanavaestimaatin (218) avulla.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että kanavaestimaatin käsittäessä useita termejä vastaanotin käsittää välineet (202) muodostaa odotusarvo (212, 214) vastaanotettujen symbolien todennäköisyyttä kuvaavista luvuista (210) ja estimaattorin (206) verrata vastaanotettua signaalia kanavaestimaattien (216) ja odotusarvojen (212) tulon summalausekkeeseen ja muodostaa uudet kanavaestimaatin (218) termit.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (202) muodostaa vastaanotettujen symbolien todennäköisyyttä kuvaavien lukujen (210) odotusarvot (212), viivevälineet (208) viivästää vastaanotetun signaalin näytteitä  $y$ , estimaattorin (206) muodostaa kanavaestimaatin (218) termit  $h_n$  vertaamalla vastaanotettua sig-

naalia kanavaestimaattien (216) ja odotusarvojen (212) tulon summalausekkeeseen lähetettyjen symbolien energian (214) ollessa vakio seuraavasti:

$$h_n = [y_k - \sum_{i \neq n} h_i E(\tilde{x}_{k-i} | y)] E(\tilde{x}'_{k-n} | y), \text{ missä}$$

5

$h_i$  on kanavaestimaatin (216) termi,  $E$  tarkoittaa todennäköisyyksien odotusarvo-operaattoria,  $\tilde{x}_{k-i}$  tarkoittaa vastaanotetun signaalin näytettä  $k$  vastaavaa estimoitua symbolia  $i$ ,  $E(\tilde{x}_{k-i} | y)$  tarkoittaa symbolin todennäköisyyden odotusarvoa (212) ehdolla, että on vastaanotetaan signaalia  $y$ ,  $y$  tarkoittaa vastaanotettua signaalia,  $y_k$  on vastaanotetun signaalin  $k$ :s näyte ja  $\tilde{x}'_{k-i}$  on  $\tilde{x}_{k-i}$ :n kompleksikonjugaatti tai vastaava.

11. Patenttivaatimuksen 9 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että vastaanotin käsittää välineet (204) muodostaa symbolin energia (214), välineet (202) muodostaa vastaanotettujen symbolien todennäköisyyttä kuvaavien lukujen (210) odotusarvot (212), viivevälineet (208) viivästää vastaanotetun signaalin näytteitä  $y$ , estimaattorin (206) muodostaa kanavaestimaatin (218) termit  $h_n$  vertaamalla vastaanotettua signaalia kanavaestimaattien (216) ja odotusarvojen (212) tulon summalausekkeeseen seuraavasti:

$$h_n = \frac{[y_k - \sum_{i \neq n} h_i E(\tilde{x}_{k-i} | y)] E(\tilde{x}'_{k-n} | y)}{E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n} | y)}, \text{ missä}$$

$h_i$  on kanavaestimaatti,  $E$  tarkoittaa todennäköisyyksien odotusarvo-operaattoria,  $\tilde{x}_{k-i}$  tarkoittaa vastaanotetun signaalin näytettä  $k$  vastaavaa estimoitua symbolia  $i$ ,  $E(\tilde{x}_{k-i} | y)$  tarkoittaa symbolin todennäköisyyden odotusarvoa (212) ehdolla, että on vastaanotetaan signaalia  $y$ ,  $y$  tarkoittaa vastaanotettua signaalia,  $E(\tilde{x}_{k-n} \tilde{x}'_{k-n} | y)$  tarkoittaa symbolin  $\tilde{x}_{k-n}$  energiaa (214),  $y_k$  on vastaanotetun signaalin  $k$ :s näyte ja  $\tilde{x}'_{k-i}$  on  $\tilde{x}_{k-i}$ :n kompleksikonjugaatti tai vastaava.

12. Patenttivaatimuksen 8 tai 10 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että estimaattori (206) on sovitettu vaimentamaan kanavaestimaatin (218) muutoksia verrattuna edelliseen kanavaestimaattiin (216).



13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että estimaattori (206) on sovitettu vaimentamaan kanavaestimaatin muutosta (218) suhteessa edelliseen kanavaestimaattiin (216) muodostamalla kanavaestimaatin (218) termi  $h_{n\_new}$  seuraavasti:

5

$$h_{n\_new} = h_{n\_prev} + \mu(h_n - h_{n\_prev}), \text{ missä}$$

$h_{n\_new}$  on uusi kanavaestimaatin (218) termi,  $h_{n\_prev}$  on edellinen kanavaestimaatin (216) termi,  $h_n$  on nykyinen kanavaestimaatin termi ja  $\mu$  on käyttäjän  
10 valitsema painokerroin väliltä [0, 1].

14. Patenttivaatimuksen 11 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että estimaattori (206) on sovitettu vaimentamaan kanavaestimaatin (218) muutosta suhteessa edelliseen kanavaestimaattiin (216) muodostamalla useamman kanavaestimaatin keskiarvo.

15

15. Patenttivaatimuksen 8 mukainen vastaanotin, tunnettu siitä, että haluttuna parametrinä on kanavaestimaatin avulla muodostettu vaihe ja ilmaisin (200) on sovitettu korjaamaan Doppler-virhettä.

### Patentkrav

1. Förfarande för estimering av en parameter i en mottagare i ett digitalt radiosystem omfattande en detektor (106, 200); som med hjälp av mjuk beslutsmetrik bildar ett tal (210), som representerar sannolikheten för en mot-  
 5 tagen symbol, k ä n n e t e c k n a t av att ett väntevärde (212) för talen (210), som representerar sannolikheten för en mottagen symbol, bildas och genom att använda väntevärdet (212) bildas en ny kanalestimat (218) som parameter.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att när kanalestimatet omfattar flera termer, bildas den nya termen för kanalestimatet  
 10 (218) huvudsakligen genom att jämföra den mottagna signalen med summan av expressionen för kanalestimaten (216) och produkten av väntevärderna (212).

3. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att när kanalestimatet omfattar flera termer, bildas termerna  $h_n$  för kanalestimatet  
 15 (218) genom att jämföra den mottagna signalen med summan av expressionen för de estimerade kanalestimaten (216) och produkten av väntevärderna (212) enligt följande:

$$h_n = \frac{[y_k - \sum_{i \neq n} h_i E(\tilde{x}_{k-i} | y)] E(\tilde{x}'_{k-n} | y)}{E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n} | y)},$$

20

var  $h_i$  är kanalestimatet,  $E$  betecknar en väntevärde-operator för sannolikheterna,  $\tilde{x}_{k-i}$  betecknar en estimerad symbol  $i$  som motsvarar ett sampel  $k$  av den mottagna signalen,  $E(\tilde{x}_{k-i} | y)$  betecknar väntevärdet (212) för symbolens sannolikhet på villkor att signalen  $y$  mottas,  $y$  betecknar den mottagna signalen,  
 25  $E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n} | y)$  betecknar symbolens  $\tilde{x}_{k-n}$  energi (214),  $y_k$  är den mottagna signalen  $k$ :s sampel och  $\tilde{x}'_{k-i}$  är ett komplexkonjugat eller motsvarande av  $\tilde{x}_{k-i}$ .

4. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 3, k ä n n e t e c k n a t av att ändringar i kanalestimatet (218) i förhållande till föregående kanalestimat  
 30 (216) dämpas.

5. Förfarande enligt patentkrav 4, k ä n n e t e c k n a t av att ändringar i kanalestimatet (218) i förhållande till föregående kanalestimat (216) dämpas genom att använda ett vägningstal och genom att bilda ett nytt kanalestimat enligt följande:

$$h_{n\_new} = h_{n\_prev} + \mu(h_n - h_{n\_prev}),$$

var  $h_{n\_new}$  är det nya kanalestimatet (218),  $h_{n\_prev}$  det föregående kanalestimatet  
 5 (216),  $h_n$  är det aktuella kanalestimatet och  $\mu$  är det av användaren valda väg-  
 ningstalet mellan [0, 1].

6. Förfarande enligt patentkrav 4, k ä n n e t e c k n a t av att änd-  
 ringen i kanalestimatet (218) i förhållande till föregående kanalestimat (216)  
 dämpas genom att beräkna medelvärde för flera kanalestimat.

10 7. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att den  
 önskade parametern är en fas bildad med hjälp av kanalestimatet, varvid  
 Doppler-felet kan korrigeras.

8. Mottagare i ett digitalt radiosystem för estimering av en önskad  
 parameter, vilken mottagare omfattar en detektor (106, 200) att med hjälp av  
 15 mjuk beslutsmetrik bilda ett tal, som representerar sannolikheten för en motta-  
 gen symbol, k ä n n e t e c k n a d av att mottagaren omfattar medel (209) att  
 estimerar ett kanalestimat (218) genom att använda ett av detektorn (200) alst-  
 rat väntevärde (212), som bildats av tal (210) som representerar sannolikheten  
 för en mottagen symbol, och detektorn (200) är anordnad att estimerar en öns-  
 20 kad parameter med hjälp av det bildade kanalestimatet (218).

9. Mottagare enligt patentkrav 8, k ä n n e t e c k n a d av att när  
 kanalestimatet omfattar flera termer, omfattar mottagaren medel (202) att bilda  
 väntevärdet (212, 214) ur de tal (210), som representerar sannolikheten för  
 mottagna symboler, och en estimator (206) för att jämföra den mottagna sig-  
 25 nalen med summan av expressionen för kanalestimaten (216) och produkten  
 av väntevärderna (212) och bilda nya termer för kanalestimatet (218).

10. Mottagare enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a d av att mot-  
 tagaren omfattar medel (202) att bilda väntevärdet (212) för de tal (202) som  
 representerar sannolikheten för mottagna symboler, fördröjningsmedel (208)  
 30 att fördröja sampel  $y$  av den mottagna signalen, en estimator (206) för att bilda  
 termerna  $h_n$  för kanalestimatet (218) genom att jämföra den mottagna signalen  
 med summan av expressionen för kanalestimaten (216) och produkten av  
 väntevärderna (212), när de sända symbolernas energi (214) är konstant enligt  
 följande:

35

$$h_n = [y_k - \sum_{i \neq n} h_i E(\tilde{x}_{k-i} | y)] E(\tilde{x}_{k-n} | y),$$

var  $h_i$  är kanalestimatets (216) term,  $E$  betecknar en väntevärde-operator för sannolikheterna,  $\tilde{x}_{k-i}$  betecknar en estimerad symbol  $i$  som motsvarar ett sampel  $k$  av den mottagna signalen,  $E(\tilde{x}_{k-i}|\mathbf{y})$  betecknar väntevärdet (212) för symbolens sannolikhet på villkor att signalen  $\mathbf{y}$  mottas,  $\mathbf{y}$  betecknar den mottagna signalen,  $y_k$  är den mottagna signalen  $k$ :s sampel och  $\tilde{x}'_{k-i}$  är ett komplexkonjugat eller motsvarande av  $\tilde{x}_{k-i}$ .

11. Mottagare enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a d av att mottagaren omfattar medel (204) att bilda symbolens energi (214), medel (202) att bilda väntevärden (212) för talen (210), som representerar sannolikheten för mottagna symboler, fördröjningsmedel (208) att fördröja sampel  $\mathbf{y}$  av den mottagna signalen, estimatoren (206) för att bilda termerna  $h_n$  för kanalestimatet (218) genom att jämföra den mottagna signalen med summan av expressionen för kanalestimaten (216) och produkten av väntevärdena (212) enligt följande:

$$h_n = \frac{[y_k - \sum_{i \neq n} h_i E(\tilde{x}_{k-i}|\mathbf{y})] E(\tilde{x}'_{k-n}|\mathbf{y})}{E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n}|\mathbf{y})},$$

var  $h_i$  är kanalestimatet,  $E$  betecknar en väntevärde-operator för sannolikheterna,  $\tilde{x}_{k-i}$  betecknar en estimerad symbol  $i$  som motsvarar ett sampel  $k$  av den mottagna signalen,  $E(\tilde{x}_{k-i}|\mathbf{y})$  betecknar väntevärdet (212) för symbolens sannolikhet på villkor att signalen  $\mathbf{y}$  mottas,  $\mathbf{y}$  betecknar den mottagna signalen,  $E(\tilde{x}'_{k-n} \tilde{x}_{k-n}|\mathbf{y})$  betecknar symbolens  $\tilde{x}_{k-n}$  energi (214),  $y_k$  är den mottagna signalen  $k$ :s sampel och  $\tilde{x}'_{k-i}$  är ett komplexkonjugat eller motsvarande av  $\tilde{x}_{k-i}$ .

12. Mottagare enligt patentkrav 8 eller 10, k ä n n e t e c k n a d av att estimatoren (206) är anordnad att dämpa ändringarna i kanalestimatet (218) jämfört med föregående kanalestimat (216).

13. Mottagare enligt patentkrav 12, k ä n n e t e c k n a d av att estimatoren (206) är anordnad att dämpa ändringen i kanalestimatet (218) i förhållande till föregående kanalestimat (216) genom att bilda en term  $h_{n\_new}$  för kanalestimatet (218) enligt följande:

$$h_{n\_new} = h_{n\_prev} + \mu(h_n - h_{n\_prev}),$$

var  $h_{n\_new}$  är termen för det nya kanalestimatet (218),  $h_{n\_prev}$  är termen för det föregående kanalestimatet (216),  $h_n$  är termen för det aktuella kanalestimatet och  $\mu$  är det av användaren valda vägningstalet mellan [0, 1].

5           14. Mottagare enligt patentkrav 11, k ä n n e t e c k n a d av att estimatorn (206) är anordnad att dämpa ändringen i kanalestimatet (218) i förhållande till föregående kanalestimat (216) genom att bilda medelvärdet för flera kanalestimat.

10           15. Mottagare enligt patentkrav 8, k ä n n e t e c k n a d av att den önskade parametern är en fas bildad med hjälp av kanalestimatet och detektorn (200) är anordnad att korrigera Doppler-felet.



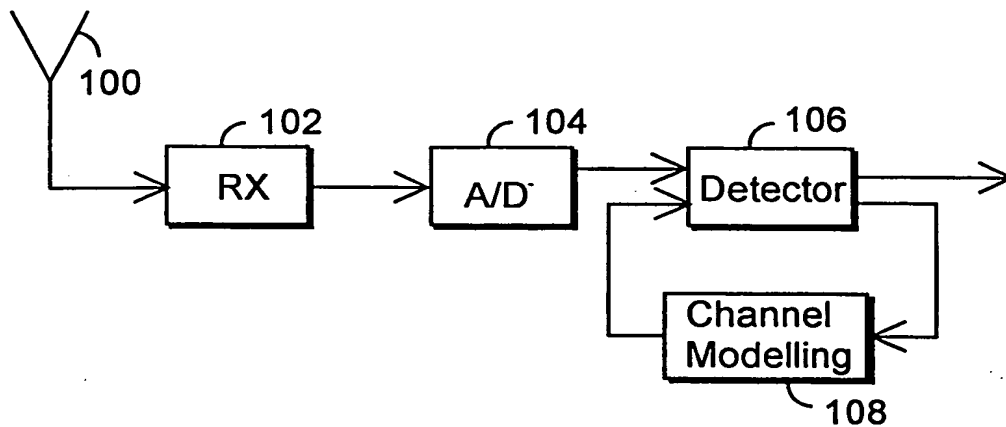


FIG. 1

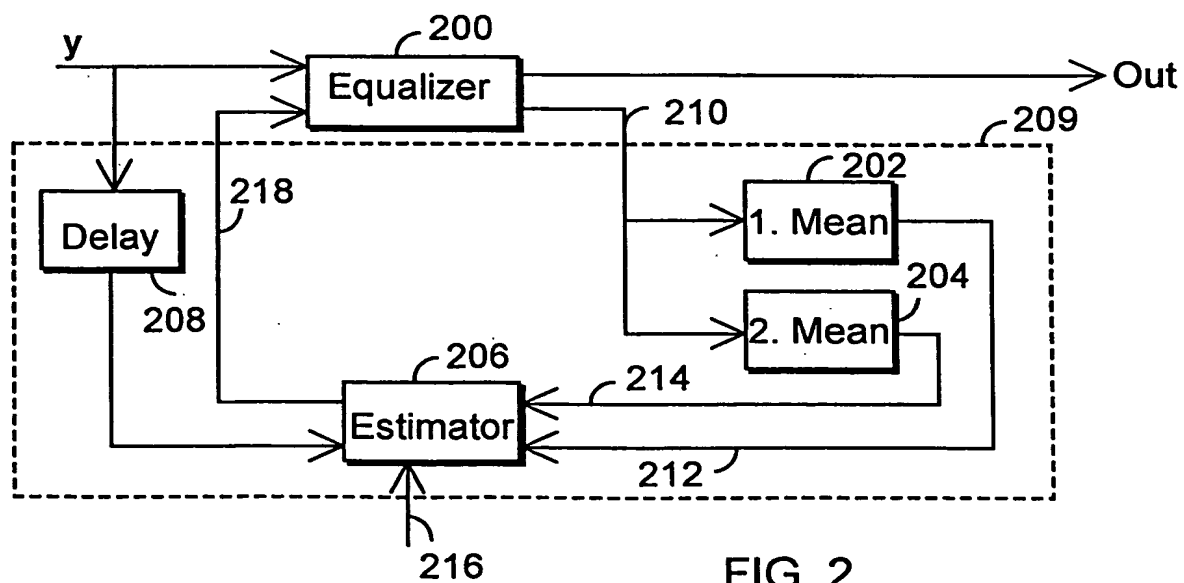


FIG. 2

This Page Blank (uspio)